Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 2

Artikel: Die Energie als Produktionsmittel und als Konsumgut

Autor: Baumberger, H. / Brauchli, W. / Ruths, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905057

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

der meisten Industrieländer. Beim Verbrauch pro Dollar Bruttosozialprodukt sind wir gar nach den arabischen Emiraten an zweiter Stelle. Allerdings darf man dabei nicht vergessen, dass wir wegen der fehlenden Grundstoffindustrie einen relativ grossen Anteil an sogenannter grauer Energie mit den Importprodukten einführen. Der Umstand, dass es Länder gibt, deren Energieprobleme schwerwiegender sind als die unsrigen, darf uns nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch wir unsere energiepolitischen Anstrengungen verstärken müssen. Ein Energieartikel, wie ihn der Bundesrat dem Parlament vorschlagen wird, kann dafür die nötige Basis liefern. Mit Bundesmassnahmen allein ist es aber nicht getan; die Kantone, die Gemeinden, die Wirtschaft, aber auch die Konsumenten müssen ihren Beitrag leisten. Andernfalls wird es uns nicht gelingen, unsere Energieversorgung wie bis anhin sicher und ausreichend zu gestalten.

Adresse des Autors
Dr. *E. Kiener*, Direktor des Bundesamtes für Energiewirtschaft, 3003 Bern.

rière les émirats arabes. Il faut pourtant rappeler à ce propos que, n'ayant pas d'industrie des matières premières, nous importons, avec les produits achetés à l'étranger, une quantité relativement importante d'énergie grise. Et si d'autres pays ont bien souvent des problèmes énergétiques plus graves que nous, il n'en reste pas moins que nous devons redoubler d'efforts pour maîtriser les nôtres. L'article constitutionnel sur l'énergie que le Conseil fédéral va proposer au Parlement est destiné à assurer le fondement de ces efforts. Mais les mesures fédérales ne peuvent suffire si les cantons, les communes, l'industrie et surtout les consommateurs ne s'y associent pas. Sans ce coup de collier général, nous ne pourrons pas disposer comme par le passé d'un approvisionnement énergétique sûr et suffisant.

Adresse de l'auteur
E. Kiener, Dr.rer.pol., directeur de l'Office fédéral de l'énergie, 3003 Berne.

Die Energie als Produktionsmittel und als Konsumgut [1])

Von H. Baumberger, W. Brauchli und G. Ruths

Zuerst wird der aktuelle Stand der Struktur des industriellen Energieverbrauches auf der Welt aufgezeigt. Aufgrund dieser statistischen Grunddaten kann auf die verbrauchsbestimmenden Faktoren geschlossen und Schlussfolgerungen über die energiepolitischen Konsequenzen gezogen werden.

Après avoir présenté la consommation d'énergie de l'industrie dans le monde, l'article commente les facteurs déterminants qui influencent la consommation et esquisse les conséquences de la politique énergétique.

1. Problemstellung

Der Fortschritt in der Durchdringung energiewirtschaftlicher Phänomene ist in den letzten Jahren in zwei Richtungen erfolgt: Einerseits wurden die verschiedenen Begriffe und Stufen der Energie immer differenzierter und präziser definiert und statistisch erfasst. Die Weltenergiekonferenz hat diesbezüglich beispielhafte Pionierarbeit geleistet. Andererseits hat man begriffen, dass eine zu stark differenzierte Analyse der energiewirtschaftlichen Vorgänge – etwa rein sektoriell innerhalb der verschiedenen Energieträger – gewissen globalen Problemstellungen nicht gerecht zu werden vermag. Eine Aggregation auf der Stufe von Gesamtenergieverbrauch und Gesamtenergieproduktion wurde ebenso nötig. Diese globale Zusammenfassung bildete die Voraussetzung für Betrachtungen, wie sie in jüngster Zeit in Form von Gesamtenergiekonzepten und sogenannten Energieszenarien zum Ausdruck kommen.

In der vorliegenden Arbeit wird nun einem Phänomen nachgegangen, das gewissermassen zwischen den beiden Stossrichtungen, einerseits der extremen Differenzierung und andererseits der extremen Globalisierung, liegt. Es wird versucht, den Energieverbrauch in die Kategorien der *Produktionsenergie* und der *Konsumenergie* einzuteilen und daraus energiewirtschaftliche und energiepolitische Konsequenzen abzuleiten.

[1]) Beitrag zur 11. Weltenergiekonferenz

2. Begriffsbestimmungen

Sowohl Energie als Produktionsmittel wie Energie als Konsumgut sind vorerst relativ unscharfe Begriffe. Überspitzt gesagt, könnte jeder Energieverbrauch (bzw. jede Energieumwandlung!) sowohl als Konsum- als auch als Produktionsenergie interpretiert werden. So könnte man argumentieren, dass jeder Energieverbrauch letztlich auf die Befriedigung eines Konsumbedürfnisses ausgerichtet ist, also Konsumenergie ist. Ebenso könnte man aber auch die Auffassung vertreten, dass nicht die Energie bzw. der Energieträger selbst «konsumiert» wird, sondern dass die Energie lediglich zur «Produktion» von Waren, Dienstleistungen, Wärme, Licht und Kraft dient, also Produktionsenergie ist.

Für die nachfolgende Analyse wird nun aber trotzdem ein Trennungsstrich gezogen, und zwar so, dass die vom privaten Haushalt bezogene und direkt verbrauchte Energie als Konsumenergie bezeichnet wird. Demgegenüber handelt es sich beim gesamten übrigen Energieverbrauch um einen intermediären Energiekonsum, indem die Wirtschaft (im weitesten Sinne) Energie verbraucht, um Güter und Dienstleistungen zu produzieren. Die Energie, die von Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungssektor, Verkehrswirtschaft und öffentlichem Sektor verbraucht wird, soll deshalb als Produktionsenergie bezeichnet werden. Die Produktionsenergie kann somit an Investitionsgüter, Konsumgüter oder Dienstleistungen gebunden sein.

Aufteilung des Energieverbrauchs der Schweiz auf Produktions- und Konsumenergie, 1978 Tabelle I

Energieträger	Anteil Produktionsenergie in Prozenten				Anteil Konsumenergie in %
	Landwirtschaft	Industrie und Baugewerbe	Dienstleistungen[1])	Total	
Energieverbrauch total	1	26	29	56	44
Erdölprodukte	1	22	28	51	49
– Flüssige Brennstoffe	–	30	20	50	50
– Flüssige Treibstoffe	2	5	45	52	48
Elektrizität	1	34	39	74	26
Erdgas	–	48	10	58	42
Kohle	–	58	21	79	21
Brennholz	20	–	30	50	50

[1]) Inkl. Verkehrswirtschaft.

3. Empirische Grundlagen

Es ist ein relativ schwieriges Unterfangen, genaue Daten über die uns interessierende Aufteilung des Energieverbrauchs zu erhalten. Zumindest für Industrieländer gibt es jedoch Statistiken zum Beispiel über den Energieverbrauch in der Industrie oder im Haushaltungssektor. Die letzteren sind allerdings oft zusammengefasst in einer Verbrauchergruppe, welche auch den Dienstleistungssektor mitumfasst. Die Haushaltsverbrauchsdaten berücksichtigen zudem meistens nicht den privaten Benzinverbrauch, der als Konsumenergie einzustufen ist und quantitativ stark ins Gewicht fällt. Der gesamte Benzinverbrauch wird in der traditionellen Statistik dem Verbrauchssektor «Verkehr» zugeordnet. Man muss deshalb in der Regel zu Schätzungen Zuflucht nehmen, um den Energieverbrauch für Verkehr auf Konsum- und Produktionsenergie aufzuteilen.

3.1 Schweiz

Im Rahmen der Erarbeitung einer Gesamtenergiekonzeption für die Schweiz wurden gewisse Daten über die Aufteilung des schweizerischen Energieverbrauchs (Gebrauchsenergiestufe) auf Produktions- und Konsumenergie im Jahre 1975 publiziert [1]. Auf der Grundlage dieser Zahlen sowie weiterer Quellen ist nachstehend eine Schätzung der entsprechenden Struktur für die Gesamtenergie sowie für die einzelnen Energieträger im Jahre 1978 wiedergegeben (Tabelle I).

Mit rund 44 % entfällt ein überraschend hoher Anteil des schweizerischen Gesamtenergieverbrauchs auf Konsumenergie. Nur etwa 56 % der Endenergie wird in den drei Wirtschaftssektoren direkt zur Erarbeitung des Bruttosozialproduktes benötigt.

Nach Energieträgern gegliedert, fällt der überdurchschnittlich hohe Anteil (49 %) der Konsumenergie bei den Erdölprodukten sowie der niedrige Anteil (26 %) bei der Elektrizität auf. Bezüglich Konsumenergieanteil bei den Treibstoffen muss einschränkenderweise betont werden, dass ein erheblicher Teil des privaten Benzinverbrauchs nicht dem Vergnügen dient, sondern auf dem täglichen Weg zur Arbeit anfällt. Obschon in diesem Falle ein eindeutiger Konnex zum Produktionsprozess besteht, wäre es andererseits fragwürdig, diesen Verbrauch voll der Produktionsenergie zuzurechnen, obliegt doch die Wahl des Wohnortes sowie die Wahl des Verkehrsträgers für den Weg zur Arbeit der Entscheidung des einzelnen Arbeitnehmers.

Auch innerhalb der Produktionsenergie gilt es zu differenzieren. Mehr als die Hälfte der Produktionsenergie wird in den verschiedenen Dienstleistungssektoren verbraucht, wobei neben Prozessenergie in hohem Masse auch Komfortenergie – zum Beispiel für Büroheizung – benötigt wird. Auch beim Energieverbrauch der Industrie besteht ein breites Spektrum von Energieanwendungen.

3.2 Industrieländer

Ist nun der hohe Anteil der Konsumenergie in der Schweiz ein Sonderfall? Ein Vergleich mit den anderen Industrieländern (OECD-Länder) zeigt das in der Tabelle II aufgeführte Bild. Die erste Kolonne enthält den Anteil des privaten Haushaltsverbrauchs an Energie (ohne privaten Treibstoffverbrauch) am gesamten Endenergieverbrauch, ermittelt aufgrund von offiziellen OECD-Energiestatistiken. Die zweite Kolonne repräsentiert den Anteil der Industrie am Gesamtenergieverbrauch. Die dritte Kolonne enthält eine Schätzung des Konsumenergieanteils, indem die Werte gemäss Kolonne 1 teilweise noch korrigiert werden mussten – da im Rahmen der erwähnten Statistiken auch Energieverbräuche des Dienstleistungssektors zum Teil voll dem Haushaltsektor zugeschlagen wurden – und um einen geschätzten Treibstoffanteil ergänzt wurden. Die vierte Kolonne repräsentiert den sich daraus ergebenden Produktionsenergieanteil (Ergänzung auf 100 %).

Man stellt fest, dass der Konsumenergieanteil in den meisten Ländern zwischen 30 % und 45 % liegt. Die Produktionsenergie beansprucht somit rund 55 bis 70 % der Gesamtenergie. Der Anteil der reinen Industrieproduktionsenergie schwankt noch stärker und liegt in den meisten Fällen zwischen 30 % und 60 %. Die Schweiz liegt vor allem bei der letzteren mit 23 % deutlich unter dem Durchschnitt. Die nichtindustrielle Produktionsenergie (vor allem für Dienstleistungen und Verkehrswirtschaft) verzeichnet einen überraschend hohen Anteil in der Grössenordnung von 20 bis 30 % an der Gesamtenergie.

Wie hat sich die Konsum-/Produktionsenergiestruktur für die Industrieländer in der Vergangenheit entwickelt? Da die diesbezügliche statistische Zeitreihenbasis ungenügend ist, muss auf gewisse Indikatoren abgestützt werden, so zum Beispiel auf den Anteil des industriellen Energieverbrauchs am gesamten Energieverbrauch (vgl. Tabelle III). Es fällt auf, dass in den meisten hochentwickelten Industrieländern der Industrieanteil des Energieverbrauchs zum Teil deutlich gesunken ist. In den OECD-Ländern mit tieferem Pro-Kopf-Einkommen zeigte sich indessen eine eher ansteigende Tendenz. Bezüglich der hochentwickelten Industrieländer kann man also sagen,

Struktur des Energieverbrauchs in OECD-Ländern, 1977 Tabelle II

	Anteil Haushaltsenergieverbrauch gemäss Statistik in %[1])	Anteil industrieller Produktionsenergieverbrauch[1]) in %	Geschätzter Anteil *Konsumenergie*verbrauch in %	Geschätzter Anteil *Produktionsenergie*verbrauch in %
Kanada	19,8	32,4	38	62
USA	26,3	30,4	44	56
Japan	19,9	57,4	27	73
Australien	12,6	47,4	33	67
Neuseeland	20,0	32,8	43	57
Österreich	33,8	38,7	43	57
Belgien	27,3	45,2	38	62
Luxemburg	16,6	70,9	19	81
Dänemark	41,2	20,9	47	53
Finnland	33,9	43,6	39	61
Frankreich	30,2	39,8	40	60
Deutschland	28,9	38,8	41	59
Griechenland	15,8	39,8	31	69
Island	25,3	27,8	37	63
Irland	32,5	30,5	45	55
Italien	27,3	47,3	38	62
Niederlande	29,5	41,2	37	63
Norwegen	24,8	47,1	36	64
Portugal	12,5	42,8	34	66
Spanien	13,1	49,0	30	70
Schweden	37,6	40,8	40	60
Schweiz	44,2	23,4	44	56
Türkei	44,1	21,6	59	41
Grossbritannien	25,2	39,5	38	62
Nordamerika	25,7	30,6	43	57
Europa	28,5	40,3	38	62
OECD Total	25,8	36,8	40	60

[1]) Quelle: OECD, Energy Balances of OECD Countries, Paris 1979.

dass der Energieverbrauch des Dienstleistungssektors sowie der reine Konsumenergieverbrauch an relativer Bedeutung zugenommen haben. Es ist allerdings eine offene Frage, ob die nichtindustrielle Produktionsenergie oder die Konsumenergie am stärksten expandiert haben. Generell gilt aber doch, dass der Anteil der konsumnahen Energieverbräuche am Gesamtenergieverbrauch gestiegen ist.

3.3 Entwicklungsländer

Über den Energieverbrauch der verschiedenen Verbrauchergruppen für Entwicklungsländer liegen nur sehr unvollständige Informationen vor. Dies hängt nicht zuletzt mit der weitgehenden Einheit von Produzieren und Verbrauchen im Rahmen der traditionellen Subsistenzwirtschaft zusammen, welche eine

Entwicklung des Energieverbrauchsanteils der Industrie in OECD-Ländern Tabelle III

	Anteil industrieller Energieverbrauch am Gesamtenergieverbrauch in %[1])		
	1960	1970	1977
Kanada	35,8	33,9	32,4
USA	35,2	34,6	30,4
Japan	61,5	57,7	57,4
Österreich	48,5	42,3	38,7
Belgien	49,0	46,6	45,2
Frankreich	47,7	46,3	39,8
Deutschland	49,1	41,6	38,8
Griechenland	31,5	38,2	39,8
Italien	50,5	47,9	47,3
Niederlande	37,9	35,3	41,2
Portugal	34,2	33,6	42,8
Spanien	44,1	51,9	49,0
Schweden	48,5	42,3	40,8
Schweiz	36,3	27,0	23,4
Türkei	26,6	25,8	21,6
Grossbritannien	40,8	41,3	39,5

[1]) Errechnet aufgrund: OECD, Energy Balances of OECD Countries.

Aufteilung des Endenergieverbrauchs ausgewählter Entwicklungsländer nach wichtigen Verbrauchergruppen 1967 und 1977 Tabelle IV

	Industrie		Transport		Haushalte, Landwirtschaft, Dienstleistungen		Haushalte		Erhebungsumfang
	1967	1977	1967	1977	1967	1977	1967	1977	
Algerien	6,0	29,5	49,5	34,1	44,3	36,2			
Argentinien	31,4	36,0	42,9	38,1	25,6	25,7	10,9	18,3	
Brasilien	23,6	17,2	21,2	26,2	55,1	56,5			
Kolumbien	3,2	9,9	23,4	31,9	73,2	58,1			
Ägypten	30,0	27,7	21,1	33,0	48,7	39,1	38,9	26,7	
Indien	34,7	(21,4)	22,5	(4,8)	42,7	(73,7)	(40,9)		
Iran	35,8	64,5	23,4	13,1	40,6	22,3	29,6		ca. 45 % / ca. 66 %
Jamaica	63,5		31,4		7,0		5,3		
Kenia	0,8	9,4	8,8	13,7	90,2	76,8			85 %
Korea, Süd-	22,7	20,6	14,6	9,2	62,5	70,0		55,7	ca. 60 %
Mexiko	52,2	59,5	28,1	26,8	19,5	13,5	9,6	4,8	ca. 90 % / ca. 95 %
Nigeria	3,5	5,8	3,7	12,6	92,6	81,4			ca. 94 % / ca. 90 %
Saudiarabien	72,2	43,9	25,9	44,6	1,8	11,4	0,9	3,0	ca. 65 % / ca. 50 %
Thailand	26,8	35,8	44,7	41,3	28,4	22,8	8,3	4,5	ca. 98 %
Venezuela	43,0	41,2	32,3	38,0	24,5	20,0			ca. 95 %

statistische Ausgliederung erschwert. Eine Aufgliederung des Endenergieverbrauchs ausgewählter Entwicklungsländer nach den drei wichtigen Verbrauchergruppen «Industrie», «Verkehr», «Haushalte, Landwirtschaft, Dienstleistungen» ist in Tabelle IV dargestellt[1]).

Die Tabelle IV zeigt, dass unterschiedliche Trends in bezug auf den Anteil der verschiedenen Verbraucherkategorien bestehen. Trotzdem lässt sich eine gewisse Tendenz in Richtung Zurückdrängen des konsumptiven Energieanteils zugunsten des produktiven Anteils erkennen.

Diese Folgerung bedarf jedoch einer Reihe wichtiger Differenzierungen: Einerseits handelt es sich bei der ausgewählten Ländergruppe um vorwiegend tropische und subtropische Länder, für die der wichtigste Verbrauchsposten des Haushaltsverbrauchs von Industrieländern der gemässigten Zone, Heizenergie, nur von geringer oder keiner Bedeutung ist. Korea, als einziger Vertreter eines Landes der gemässigten Zone, stellt zutreffenderweise eine Ausnahme von diesem Verhaltensmuster dar mit einem Zuwachs des Verbrauchs der Gruppe «Haushalte, Landwirtschaft, Dienstleistungen» von 62,5 % (1967) auf 70 % (1977) und einem reinen Haushaltsverbrauch von 56 % im Jahre 1977.

Zum anderen zeichnet sich die Ländergruppe durch einen überdurchschnittlichen Zuwachs und hohen Anteil des Transportsektors am Endenergieverbrauch aus mit Spitzenwerten von 38 bis 45 % im Jahre 1977 im Vergleich zu Anteilen zwischen 25 und 30 % in den westlichen Industrieländern. Die Zunahme des Produktionsenergieverbrauchs macht sich daher in den ausgewählten Ländern weniger im warenproduzierenden Bereich als im Transportbereich bemerkbar.

4. Interpretation der empirischen Daten

4.1 Das Element der grauen Energie

Wie man aus den vorhergehenden Daten ersieht, bestehen relativ grosse Unterschiede im Anteil der Produktionsenergie, und zwar auch zwischen Ländern mit vergleichbarem Wohlstandsniveau. Die Schweiz mit einem relativ niedrigen Produktionsenergieanteil ist dafür ein Beispiel. Eine Erklärung für diese grosse Divergenz kann im Element der «grauen» Energie liegen, das heisst im hohen indirekten Energieimport in Form von Produkten. Wenn ein Land besonders energieintensive Güter nicht selbst herstellt, sondern importiert, schlägt sich das nicht im Inlandenergieverbrauch nieder. Indirekt wird aber trotzdem ein entsprechendes Energiequantum konsumiert (grauer Energieverbrauch). Andererseits fällt bei der Produktion von für den Export bestimmten Gütern ein Energieverbrauch an, der dem Ausland angelastet werden sollte. Will man also den «richtigen» Energieverbrauch eines Landes erfassen, sollte man den Saldo aus dem «grauen» Energieaustausch mit dem Ausland zum Inlandenergieverbrauch gemäss Energieverbrauchsstatistik dazu addieren bzw. subtrahieren.

Baumberger und Spreng haben dies für die Schweiz abzuschätzen versucht [3]. Sie kommen unter Anwendung verschiedener Berechnungsmethoden zum Schluss, dass der Saldo des «grauen» Energieaustausches der Schweiz mit dem Ausland rund 20 % des gemäss Energiestatistik ausgewiesenen Energieverbrauchs beträgt. Der letztlich der Schweiz anlastbare Energieverbrauch liegt also um 20 % höher, als die Energiestatistik zeigt. Da diese 20 % voll der industriellen Produktionsenergie anzurechnen sind, kommt ein dermassen bereinigter Anteil des industriellen Energieverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch nahe an den europäischen Durchschnitt von rund 40 % heran.

4.2 Strukturwandel im Rahmen der wirtschaftlichen Entwicklung

Die Entwicklung des Energieverbrauchs sowie der Verbrauchsstruktur bezüglich Produktions- und Konsumenergie ist eingebettet in die gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Die Energieverbrauchscharakteristiken reflektieren deshalb das Niveau und die strukturellen Verschiebungen der wirtschaftlichen Aktivität in einem Lande. Wie lassen sich aus dieser Sicht die oben präsentierten Daten interpretieren?

In einer gewissermassen «stationären» Phase der wirtschaftlichen Entwicklung (vorindustrielle Gesellschaft) dominiert eindeutig die Landwirtschaft. Arbeitsteilung sowie Handel und Gewerbe spielen eine untergeordnete Rolle. Industrie ist keine vorhanden. In einer solchen reinen Subsistenzwirtschaft oder Agrargesellschaft dient der grösste Teil des Energieverbrauchs direkt Haushaltsbedürfnissen (für Kochen, Trocknen von Nahrungsmitteln, Raumheizung usw.). Allerdings erscheint in einer solchen Situation die Unterscheidung zwischen Produktions- und Konsumenergie etwas künstlich, da in der Regel noch keine scharfe Trennung zwischen Produzieren und Konsumieren sowie zwischen Arbeitsplatz und Wohnung besteht. Der Energiebedarf wird vorwiegend aus nichtkommerziellen Energieträgern, wie Brennholz, Abfällen usw., gedeckt. Der Verbrauch von reiner Produktionsenergie ist noch sehr bescheiden (zum Beispiel Energie für Transportunternehmen). Der grösste Teil des Energieinputs in die Landwirtschaft besteht dagegen aus tierischer und menschlicher Arbeitsleistung.

Wenn eine Volkswirtschaft nun in einen Wachstumsprozess übergeht, beginnt der sektorielle Strukturwandel. Die nichtagrarischen Sektoren nehmen an Bedeutung zu. Aus Gewerbebetrieben entwickeln sich erste Industriebetriebe. Es spielt sich ein Prozess ab, in dem ein traditioneller Subsistenzsektor – vornehmlich basierend auf nichtkommerzieller Energie – durch einen modernen Sektor durchdrungen wird, der sich durch den Einsatz «kommerzieller» Energiearten sowie eine strenge Untergliederung in Produktions- und Konsumenergie auszeichnet. Bei weiterem Wirtschaftswachstum wird zunehmend der Industriesektor zum eigentlichen Motor der Entwicklung (Phase des sogenannten Take-off). Es entsteht eine industrielle Gesellschaft. In dieser Phase steigt der Anteil der Produktionsenergie am Gesamtenergieverbrauch deutlich an. Stahlwerke, metallverarbeitende Betriebe oder Zementfabriken sowie der Aufbau der Infrastruktur benötigen grosse Energiemengen. Die Konsumenergie der Haushalte hinkt demgegenüber noch hintennach, da vorerst nur Grundbedürfnisse befriedigt werden. Erst wenn der private Autoverkehr und der Haushaltskomfort stark ansteigt oder sich in heissen Gebieten das Air conditioning ausbreitet, steigt der Konsumenergiebedarf ebenfalls stark an. Innerhalb der Konsumenergie entwickelt sich ausserdem noch eine strukturelle Verschiebung. Nichtkommerzielle Energieträger werden zunehmend durch kommerzielle Energieträger, wie Heizöl oder Kerosin, ersetzt.

Mit zunehmender Industrialisierung beginnt der Dienstleistungssektor auch zu wachsen. Handel, Banken, Verkehrsbetriebe, öffentliche Infrastrukturanlagen usw. werden ausgebaut. Von einem gewissen Punkt an übersteigt das Expansionstempo des sogenannten tertiären Sektors dasjenige der Indu-

[1]) Beitrag zur 11. Weltenergiekonferenz.

strie. Für die letztere zeigen sich erste Sättigungstendenzen. Dienstleistungen vielfältigster Art werden demgegenüber in zunehmendem Masse benötigt. Die nachindustrielle Gesellschaft beginnt sich zu etablieren. In dieser Phase sinkt der Anteil der industriellen Produktionsenergie an der Gesamtenergie deutlich. Statt dessen nimmt die relative Bedeutung des Energieverbrauchs des tertiären Sektors sowie der Konsumenergie der Haushalte zu. Dabei handelt es sich zum grossen Teil um Komfortenergie sowie um Energie für Mobilitätsansprüche (private und öffentliche Transportmittel).

Figur 1 illustriert diese Zusammenhänge anhand des industriellen Energieverbrauchsanteils einer Anzahl von Entwicklungs- und Industrieländern.

4.3 Verbrauchsbestimmende Faktoren

4.3.1 Bei der Produktionsenergie

Bezüglich der Produktionsenergie im industriellen Sektor gilt, dass die technologischen Erfordernisse der Güterproduktion den Energieinput massgebend bestimmen. Zumindest kurzfristig besteht dabei nur eine geringe Variationsmöglichkeit, da die Veränderbarkeit der Produktionsprozesse durch den technischen Fortschritt und die Erneuerungsrate der Produktionsmittel limitiert sind. Kurzfristig muss also ein sehr enger Zusammenhang zwischen der erbrachten Produktionsleistung und der eingesetzten Produktionsenergie (vorwiegend Prozessenergie) bestehen. Dies gilt um so eher, je stärker die Produktionsprozesse mechanisiert und automatisiert sind, also je «industrieller» die Produktion erfolgt. Figur 2 zeigt in grafischer Form die hohe Korrelation zwischen dem Index der industriellen Produktion der Schweiz und dem Elektrizitätsverbrauch in der Industrie.

Im Dienstleistungssektor andererseits ist der Zusammenhang loser. Dies hängt damit zusammen, dass hier die Komfortenergie (zum Beispiel für Büroheizung) relativ viel stärker ins Gewicht fällt und auch elastischer eingesetzt werden kann als die Prozessenergie. Verhaltensbestimmte Energieverbrauchsmuster spielen eine wichtige Rolle. Im Rahmen des gewerblichen Verkehrssektors sind die Mobilitätsansprüche der Bevölkerung ein entscheidender Einflussfaktor.

Mittel- und langfristig ist der kausale Zusammenhang zwischen Produktionsoutput und Energieinput-Erfordernissen der Industrie wesentlich weniger eng, da neue Verfahrens-

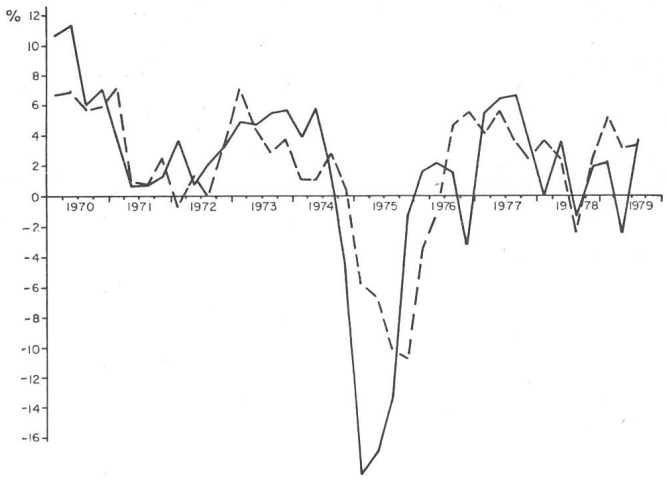

Fig. 2 Industrieproduktion und industrieller Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz, 1970–1979

——— Zuwachsrate Index Industrieproduktion gegenüber Vorjahresquartal

– – – Zuwachsrate Elektrizitätsverbrauch in Industrie gegenüber Vorjahresquartal

techniken und Produktionsprozesse – mit anderen Energieerfordernissen – eingeführt werden können. Dies gilt auch für Energiesparinvestitionen, welche zu einer rationelleren Energieausnutzung führen. Dies bedeutet, dass der Energieverbrauch pro Produktionseinheit reduziert werden kann (siehe dazu Figur 3).

Der Energiepreis ist nachgewiesenermassen ebenfalls ein verbrauchsbestimmender Faktor. Viele ökonometrische Untersuchungen zeigen, dass nicht nur der Gesamtenergieverbrauch, sondern auch der Energieverbrauch in Industrie und Dienstleistungssektor statistisch signifikant durch Energiepreisänderungen mitbestimmt werden [4]. In bezug auf den ermittelten Preiselastizitätskoeffizienten variieren die Ergebnisse der verschiedenen Studien sehr stark. Immerhin zeigt sich, dass vor allem die kurzfristige Preiselastizität niedrig ist (deutlich unter 1) und dass die langfristige Preiselastizität deutlich höher ist. Dieser Tatbestand hängt mit der erwähnten Inflexibilität vor allem auf kurze Frist zusammen. Ein weiterer Faktor, der die relativ geringe Nachfragereagibilität auf Energiepreisveränderungen erklären kann, ist die Tatsache, dass

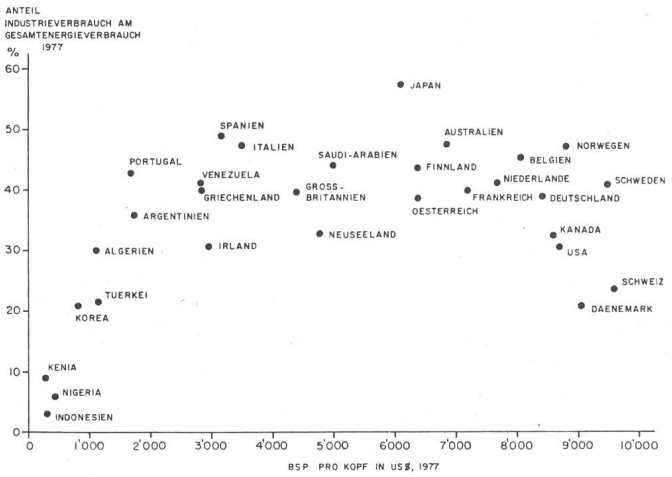

Fig. 1 Pro-Kopf-Einkommen und Energieverbrauchsanteil der Industrie

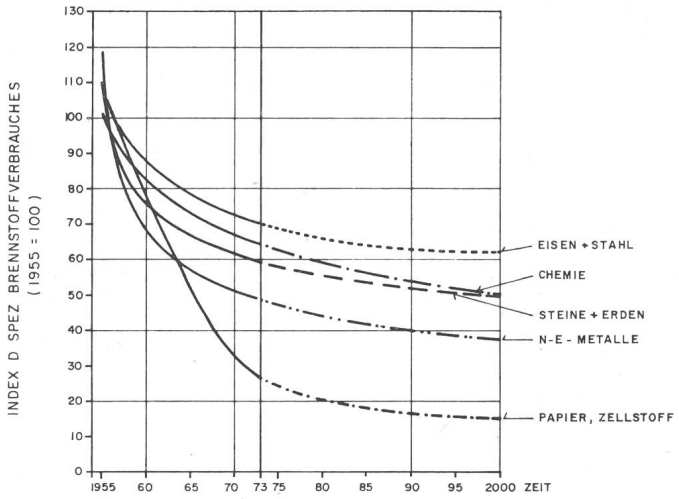

Fig. 3 Trend spezifischer Brennstoffverbräuche in Industriezweigen der BRD

der Anteil der Energiekosten an den totalen Produktgestehungskosten im allgemeinen verhältnismässig niedrig ist (im Durchschnitt einige wenige Prozente der Totalkosten). Dazu kommt, dass höhere Energiekosten je nach Marktsituation voll oder teilweise auf den Endverbraucher überwälzt werden können.

4.3.2 Bei der Konsumenergie

Auch der Konsumenergieverbrauch ist eingebettet in die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung und verläuft mehr oder weniger parallel zum allgemeinen Wirtschaftswachstum. Allerdings ist der Zusammenhang mit der Produktionsentwicklung (und dem BSP) vor allem kurzfristig deutlich weniger eng als bei der Produktionsenergie. Entscheidend sind nicht technologische Gegebenheiten der Gütererzeugung, sondern Energiekonsumbedürfnisse von Menschen. Dies bedeutet, dass konjunkturelle Einbrüche nicht zu einem Rückgang des privaten Energieverbrauchs führen müssen. Eine solche Erfahrung wurde zum Beispiel während der Rezession von 1975/76 gemacht, als der industrielle Energieverbrauch in den meisten Industrieländern zurückging, der Konsumenergieverbrauch aber zumindest stabil blieb und zum Teil sogar weiter anstieg (vgl. Figur 4). Diese *geringe Reagibilität der Konsumenergie gegenüber konjunkturellen Schwankungen* hängt damit zusammen, dass erstere Bestandteil des privaten Konsums ist, welcher seinerseits im Verlaufe des Konjunkturzyklus relativ stabil verläuft.

Da auch das Realeinkommen der Haushalte wenig konjunkturreagibel ist, lässt sich die Entwicklung des Konsumenergieverbrauches gut mit dieser Grösse erklären. Die Korrelation zwischen der Konsumenergie und dem Realeinkommen der Haushalte ist denn auch in der Regel besser als die Korrelation zwischen der Konsumenergie und dem realen BSP.

Auch beim privaten Energieverbrauch üben die Energiepreise einen bestimmenden Einfluss aus. Allerdings variieren

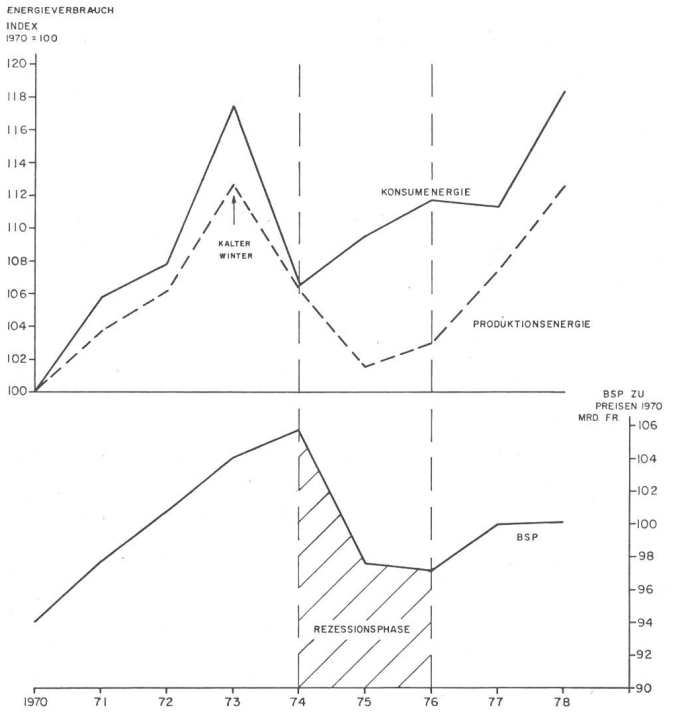

Fig. 4 Produktionsenergie und Konsumenergie im Konjunkturverlauf, Schätzungen für die Schweiz

die statistisch ermittelten Werte für die Preiselastizität der Nachfrage bei den einzelnen Studien so stark voneinander ab, dass man wenig generelle Aussagen machen kann. Man kann auch nicht sagen, die Elastizität sei höher oder niedriger als bei der Produktionsenergie. Immerhin scheint die Preiselastizität doch recht niedrig zu sein. Dies lässt sich durch die folgenden Faktoren erklären:

– Ähnlich wie im Produktionssektor der Anteil der Energiekosten an den Totalkosten im allgemeinen relativ niedrig ist, haben die Energieausgaben der Haushalte ebenfalls ein verhältnismässig niedriges Gewicht (in der Schweiz zum Beispiel rund 5 bis 6 % der Gesamtausgaben).

– Auch die Nutzung der Konsumenergie ist an die vorhandene Kapital- und Geräteausstattung gebunden (Gebäude für Heizung, Auto, Haushaltgeräte). Dies bringt eine gewisse Inflexibilität mit sich.

– Vor allem bei Haushalten mit mittlerem und höherem Einkommen ist der ökonomische Zwang zur Einsparung von Energie nicht sehr stark. Man kann es sich leisten, mehr für Heizöl oder Benzin zu bezahlen, ohne den Verbrauch einschränken zu müssen.

5. Energiepolitische Konsequenzen

5.1 Prognostische Konsequenzen

Aufgrund dieser Analyse der Kausalbeziehungen lassen sich gewisse prognostische Konsequenzen ziehen. Die folgenden Zusammenhänge müssen beachtet werden:

– Die Produktionsenergie ist enger mit der realen Entwicklung des BSP verbunden als die Konsumenergie. Da der Anteil der Produktionsenergie (vor allem der industriell benötigten Energie) in den Industrieländern tendenziell abnimmt, ergibt sich daraus ein steigender Unbestimmtheitsgrad des Energieverbrauchs gegenüber dem BSP. Dies kann dazu führen, andere Prognosemethoden als der oft verwendete Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und BSP zu verwenden.

– Ermittelte Korrelationen zwischen Gesamtenergieverbrauch und realem BSP sollten deshalb nur für längerfristige Betrachtungsweisen verwendet werden. Im weiteren empfiehlt sich, den Globalansatz durch sektorielle Prognosemethoden zu ergänzen oder zu untermauern. Die Nachfrage nach Produktionsenergie und nach Konsumenergie sollte getrennt geschätzt werden. Dies kann zu besseren Resultaten führen als ein globaler Ansatz.

– Zusätzliche Probleme entstehen dadurch, dass innerhalb der Produktionsenergie sich eine deutliche relative Verschiebung zu Lasten des Industrieverbrauchs und zugunsten des Dienstleistungssektors (inkl. Verkehrswirtschaft) vollzieht. Dies kann eine Tendenz zur relativen Energieeinsparung bedeuten (pro Einheit des BSP). Es gibt aber auch Fälle, wo der tertiäre Sektor sehr energieintensiv ist und zu einer Steigerung des Energiebedarfs (pro BSP-Einheit) führt. Das fast explosionsartige Anwachsen des mit hohem Transportaufwand verbundenen Massentourismus in den vergangenen 10 bis 20 Jahren ist dafür ein Beispiel.

– Der steigende Anteil von nicht direkt mit Produktionsprozessen verbundenen Energieverbräuchen bedeutet, dass die Anfälligkeit gegenüber Energieversorgungsstörungen abnimmt. Tritt ein Rückgang in der Energieversorgung ein, so kann zumindest ein Teil davon durch einen verringerten Konsum-

energieverbrauch kompensiert werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass in gewissen Fällen Einschränkungen bei der Konsumenergie negative konjunkturelle Rückwirkungen auslösen.

5.2 Effizienz energiepolitischer Massnahmen

Im Hinblick auf energiepolitische Massnahmen drängen sich folgende Schlussfolgerungen auf:

– Generell gilt, dass bei allen energiepolitischen Massnahmen auf die unterschiedliche Verbrauchsstruktur sowie die unterschiedlichen Bestimmungsfaktoren und Reaktionsweisen der beiden Energieformen Produktionsenergie und Konsumenergie Rücksicht zu nehmen ist.

– Bei der Frage der staatlichen Lenkungsmechanismen im Energiesektor gilt es zu beachten, dass gewisse Energieverbräuche – insbesondere bei der Produktionsenergie – vor allem technologie- und preisbestimmt sind. Andere Verbrauchssektoren – insbesondere bei der Konsumenergie, teilweise auch beim Energieverbrauch des Dienstleistungssektors – sind eher verhaltensbestimmt. Während im ersteren Falle preisliche Massnahmen, wie Energiesteuern, am wirkungsvollsten sein mögen, drängen sich im letzteren Falle eher direkte verbrauchslenkende Massnahmen (zum Beispiel Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Strassen oder Gebäudeisolationsvorschriften) auf. Allerdings muss man hier vorsichtig sein mit generellen Aussagen.

– Beim Problem der Besteuerung des Energieverbrauchs ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Möglichkeiten der Überwälzung bestehen. Im Bereich der Konsumenergie trägt der Konsument eine höhere fiskalische Belastung selbst. Bei Indexbindung der Löhne erfolgt eine zeitverzögerte Abwälzung auf die Arbeitgeber (wobei aber dabei die relative Verteuerung der Energie und damit der Sparanreiz durchaus bestehen bleiben). Im Bereich der Produktionsenergie hängt es von der Marktsituation für das fragliche Produkt ab, ob der Konsument oder der Unternehmungsgewinn damit belastet wird.

– Energiesparanstrengungen sollten nicht nur im industriellen und gewerblichen Sektor (Produktionsenergie) gefördert werden, sondern auch im Bereiche der Konsumenergie. Insbesondere beim privaten Autoverkehr wird – wie jedermann weiss – noch sehr viel Energie unnötigerweise verschwendet. Auch bestehen vielfach institutionelle Hemmnisse für das Energiesparen. So gibt es Fälle, bei denen der einzelne seinen Energieverbrauch nicht selbst beeinflussen kann oder von eigenen Sparanstrengungen nicht profitiert (zum Beispiel Mietwohnungen, bei welchen die Beheizung zentral erfolgt mit gleichmässiger Kostenbeteiligung aller Hausbewohner).

– Im Falle von drastischen mengenmässigen Energieversorgungsstörungen, bei denen das Allokationsproblem nicht mehr durch den Preismechanismus allein gelöst werden kann und staatliche Zuteilungsmechanismen eingeführt werden müssen, ist den unterschiedlichen Konsequenzen im Falle eines Energiemankos bei der Produktions- und der Konsumenergie Rechnung zu tragen.

5.3 Entwicklungspolitische Konsequenzen

Aus der Fülle der sich aufdrängenden Konsequenzen für Entwicklungsländer seien nur einige wenige herausgegriffen. Sie betreffen vornehmlich Massnahmen zur Beschränkung des Energieverbrauchszuwachses in diesen Ländern zur Steigerung der Effizienz der Energienutzung. Als eher grundsätzliche Aktionsrichtung drängen sich Massnahmen auf, die dem in den westlichen Industrieländern erfahrenen Trend zur Trennung von Produktions- und Konsumsphäre, von Wohnung und Arbeitsplatz sowie von Arbeit und Kapital entgegenwirken. Dies wird üblicherweise mit Begriffen wie angemessene Technologiewahl, Dezentralisierung, kleinbetriebliche Lösungen und integrative Konzepte umschrieben. Damit soll dem Prozess der Verstädterung mit seinen energieintensiven Agglomerationseffekten, dem wirtschaftlichen Konzentrationsprozess mit seinen Konsequenzen für Betriebsgrösse, Elektrifizierungsgrad und Verkehrsaufwand sowie der Ablösung traditionell erneuerbarer durch «moderne», nichterneuerbare Energieträger entgegengewirkt werden.

Im Bereich «Konsumenergie» bestehen zwei wichtige Aktionsparameter. Sie betreffen die Komplexe «Kochenergie» und «Raumklima». Kochenergie stellt die wichtigste Energieform der traditionellen Gesellschaft dar. Zielrichtung muss vor allem die weitere Beibehaltung von Holz und anderen nichtkommerziellen Energieträgern als Brennstoff sein, um ein Überwechseln auf nichterneuerbare Brennstoffe, wie Kerosin, Gas und Elektrizität, zu verhindern. Dafür sind Massnahmen zur Erhöhung des Verbrennungswirkungsgrades und des Komforts bei Transport und Anwendung notwendig. Mit dem Energiekomplex «Raumklima» soll das in vielen Entwicklungsländern «drohende» Problem des Einsatzes von Klimaanlagen in grossem Stil umschrieben werden. Geeignete Massnahmen sollten verhindern, dass in der Zukunft ein hoher Konsumenergiebedarf in Form von Klimatisierung entsteht. Man kann sich dabei an die bekannten Massnahmen zur Wärmedämmung anlehnen, sollte aber die in vielen Entwicklungsländern noch bestehende klimagerechte Bautechnologie zu nutzen suchen.

Im Bereich «Verkehr» erscheinen eine Reihe von verkehrspolitischen Massnahmen mit energiepolitischer Zielsetzung relevant. Das betrifft einerseits preispolitische Massnahmen zur Anpassung des in vielen Ländern noch niedrigen Benzinpreisniveaus an das Weltmarktniveau. Ein nicht minder wichtiges Feld für verkehrspolitische Aktivitäten ist die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und der Ausbau des öffentlichen Personenverkehrs. Als Optionen im Verkehrsbereich bieten sich städtische Nahverkehrssysteme, schienengebundene Schnellverkehrssysteme und Binnenschifffahrtswege an.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Energieversorgungssystems scheint eine bessere Mischung des Energieangebotes notwendig zu sein. Dazu ist vor allem die Abkehr von der in vielen Entwicklungsländern noch bestehenden einseitigen Gleichsetzung von Energie und Elektrizität zu zählen. In die gleiche Richtung zielen Forderungen nach einer stärkeren Dezentralisierung der Energieversorgung, um die Versorgungssicherheit und Übertragungswirkungsgrade zu steigern sowie spezifische Anlagekosten besonders für Transport und Verteilung von Energie zu senken.

Nach bisheriger Kenntnis der Problemlage läuft dies auf eine duale Strategie zum Ausbau des Energieversorgungssystems hinaus mit kapitalintensiven, grossbetrieblichen, zentralisierten Systemen für den städtischen und exportorientierten Bereich einerseits und «billigen», kleinbetrieblichen, dezentralen Alternativen für die Versorgung des ländlichen Raumes. Für letztere erscheint die Nutzung eines vielfältigen Potentials dezentral anfallender Energieträger mit der Solarenergie als Extremform zwingend notwendig zu sein.

Im Bereich produktiver Verwendung von Energie wird eine Abkehr vom bisherigen Industrialisierungsmuster zu einer Existenzfrage vieler Entwicklungsländer. Im Rahmen dieses Musters werden vorwiegend solche Technologien übertragen, die in den Industrieländern in einer Phase niedriger Energie- und hoher Arbeitskosten entwickelt wurden. Diese Technologien warfen bereits in der Vergangenheit schwerwiegende beschäftigungspolitische Probleme in Entwicklungsländern auf (steigende Arbeitslosigkeit). Mit der heute grundlegend veränderten Energiepreissituation drohen sie viele dieser Länder aufgrund hoher Energieintensität vor unlösbare Energieversorgungs- und Zahlungsbilanzprobleme zu stellen.

Zusammenfassend könnte man sowohl im Bereich konsumptiver als auch produktiver Verwendung von Energie in Entwicklungsländern die Forderung nach einer Optimierung der vornehmlich technologisch bestimmten Energieverbräuche – Bautechnologien, Wirkungsgrade der Energieanwendung usw. – und nach einer Minimierung der vorwiegend verhaltensbestimmten Energieverbräuche – Individualverkehr, Klimatisierung usw. – erheben.

Literatur

[1] Die Kosten der Energieversorgung in der Schweiz. Schriftenreihe der GEK. Studie Nr. 2, Bern 1976.

[2] *International Energy Agency:* Workshop on Energy Data of Developing Countries, Paris 1979.

[3] *H. Baumberger* und *D. T. Spreng:* Bilanz der «grauen Energie», Neue Zürcher Zeitung vom 30. 6. 1978.

[4] Vgl. zum Beispiel *W. D. Nordhaus:* The Demand for Energy: An International Perspective. Proc. of the Workshop on Energy Demand. II ASA CP-76-1, Luxemburg, S. 511 ff.

Adresse der Autoren

Dr. *H. Baumberger*, stellvertretender Direktor, Motor Columbus AG, 5401 Baden; Dr. *W. Brauchli* und *G. Ruths*, Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.

Zur Nutzbarkeit «alternativer» Energiequellen aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht

Von U. La Roche

Anlässlich der Weltenergiekonferenz 1980 in München hat es der Autor übernommen zu untersuchen, wie Energiequellen allgemein und im speziellen die erneuerbaren Energien im Hinblick auf ihre Fähigkeit, andere Energien zu ersetzen, zu beurteilen sind. Der nachfolgende Aufsatz fasst diesen Bericht [1] *zusammen.*

Lors de la Conférence mondiale de l'énergie qui s'est déroulée en 1980 à Munich, l'auteur a entrepris d'analyser dans quelle mesure des sources d'énergie, et notamment celles dites renouvelables, sont capables d'en remplacer d'autres. L'article suivant résume l'essentiel de ce rapport [1].

1. Einleitung

Gegenwärtig wird im eher kurzfristigen politischen Erwartungshorizont noch immer in den «Erneuerbaren Energien» eine Hoffnung gesehen, die bei genügender Förderung die Ablösung heutiger Energiequellen möglich machen kann.

Diese erneuerbaren Energien, in Japan kurz als exotische Energien bezeichnet, sind heute so teuer, dass ihre Einführung der Förderung bedarf. Dazu wird u. a. m. von identifizierbarer politischer Seite die Einführung einer Energiesteuer verlangt, die drei Wirkungen hätte: eine Finanzierung der Forschung und Entwicklung, vorzugsweise der erneuerbaren Energien, eine Besteuerung nicht erneuerbarer Energien (Uran, Öl, Kohle, schon gebaute Wasserkraft, Erdgas) und eine Abschöpfung von sog. zusätzlicher Kaufkraft in die allgemeine Bundeskasse. Wie aus [2] hervorgeht, ist die geschätzte Wirkung auf den Energieverbrauch, herrührend aus den 30 % der Steuer für Forschung und Entwicklung, etwa gleich eingeschätzt wie die 70 % des in die allgemeine Bundeskasse abgeführten Restbetrages der sogenannten Energiesteuer.

Die Autoren von [2] gehen davon aus, dass im Falle der Energiesteuer eine periodische Überprüfung von Steuersatz und der Progression der Energiesteuer in Form eines steuerfreien Energiebetrags durch das Parlament geschehen wird. In Anbetracht der bekannten Umwandlung der seinerzeitigen Wehrsteuer in eine allgemeine Bundessteuer mit progressionsverschärfenden Einlagen und dem neulichen Ausspruch von Bundesrat Willi Ritschard, derzeit Vorsteher des Eidg. Finanzdepartements, «der Treibstoffzoll könnte gut von seiner teilweisen Zweckbindung für den Strassenbau befreit werden, mit dem Zuckerzoll unterstützt man schliesslich auch nicht die Kariesbekämpfung», wird der realpolitische Gehalt einer auf lange Sicht auch nur zu 30 % zweckgebundenen Energiesteuer nüchtern zu beurteilen sein.

Unbestritten in dieser Auseinandersetzung über die Energiesteuer ist aber heute das Primat der Förderungswürdigkeit sogenannter erneuerbarer Energien oder der exotischen Energien, wie sie die Japaner etwas präziser bezeichnen.

2. Der Erntefaktor als Beurteilungsmaßstab

Um es vorwegzunehmen: Eine Energiequelle wird beurteilt nach der Erschöpfbarkeit der beanspruchten Ressourcen und nach dem Energieertrag nach Abzug der zur Erschliessung nötigen Energieaufwendungen, charakterisiert durch einen Erntefaktor. Es zeigt sich dann quantitativ, wie Energien mit kleinem Erntefaktor, d. h. kleines Verhältnis von gewonnener Energie (Kartoffelernte) zu für die Erschliessung notwendigem Aufwand (Saatgut), sehr grosse Zeiträume brauchen, um ohne zusätzlichen Mehrverbrauch an Energie andere Energien zu ersetzen; gerade sogenannte Erneuerbare Energien haben aber kleine Erntefaktoren.

Die Werte der Erntefaktoren für die wichtigsten in Frage kommenden Energietechniken und Erneuerbaren Energien sind heute grösstenteils bekannt. Sie werden auf Grund der zu ihrer Erschliessung notwendigen Aufwände an Material und Dienstleistungen ermittelt.

Die Erntefaktoren einiger Energietechniken sind in Tabelle I wiedergegeben.

Die untere Grenze des Erntefaktors von 2 bei den alternativen Energietechniken ist willkürlich; sie liegt bei gegenwärtig propagierten Projekten oft noch tiefer. Sogar wenn man auf den Verbrauch von Energie verzichtet, ist der Erntefaktor